

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт экологии и географии
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ И.Н. Безкоровайная
подпись
« _____ » _____ 20 ____ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Анализ факторов окружающей среды, вызывающих образование
ранней и поздней древесины у *Pinus sylvestris* вдоль климатического
градиента.

05.03.06. - Экология и Природопользование

05.03.06.02 – Природопользование

Руководитель, доцент	_____	Арсак Пенья А.Х.
Выпускник, ЭБ15-02Б	_____	Мартинес Санчес Э.В.
Нормоконтролер	_____	П.А. Красноперова

Красноярск 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Материалы и методы.....	8
1.1 Исследование участков.....	8
1.2 Исследованные виды.....	10
1.3 Проект выборки и измерения в виде колец деревьев.....	11
1.4 Статистический анализ.....	14
2 Результаты.....	16
2.1. Анализ климата.....	16
2.2. Хронология древовидных колец.....	17
2.3 Различия во вторичном росте вдоль градиента.....	19
2.4. Корреляции между участками.....	22
2.5. Климат-контроль на RW, EW и LWadj (температура, осадки).....	23
2.6. EW / LW пропорции.....	28
3 Обсуждение.....	30
Выводы.....	33
Список использованных источников	34

ВВЕДЕНИЕ

Бореальные леса играют ведущую роль в круговороте воды и углерода и вносят вклад в баланс глобальной динамики климата ([Frank et al., 2015](#)). Будучи одним из основных хранилищ углерода в мире и предоставляя множество важных экосистемных услуг. Однако наблюдаемая тенденция потепления и изменения режимов осадков (усиливающих степень засухи) в течение последних десятилетий оказывают сильное влияние на важные экофизиологические функции деревьев (например, фотосинтез, дыхание и рост деревьев), что во многих случаях приводит к исчезновению леса и угроза важной роли деревьев в глобальных циклах.

Температура воздуха в прошлом веке увеличилась по сравнению со средним показателем на российской территории ([Anisimov et al., 2008](#)), и прогнозы указывают на явную тенденцию к потеплению в текущем столетии ([IPCC, 2014](#)), потенциально увеличивая суммарное испарение, ограничивая рост деревьев и в конечном итоге приводя к ущербу для леса ([Lindner et al. 2010](#)). Таким образом понимание как экологические условия влияют на среднего роста деревьев вдоль экологических градиентов и в секторах различных деревьев кольцо (то есть, ранняя древесина и поздняя древесина) могли бы способствовать оценить ли деревья будут иметь возможность предоставлять важные экосистемные услуги в контексте постоянного климата изменения в течение следующих десятилетий.

Дерево среднего роста и формирования дерева сильно зависят от климатических условий на критических этапах хуlogenesis, затрагивающих структуру древесины (например, ранняя древесина и поздняя древесина) и в конечном счете функции ксилемы ([Vaganov et al. 2000, 2011](#); [Fonti et al. 2010](#); [Yang et al. 2017](#); [Tychkov et al., 2019](#)).

Вторичный рост начинается с образования камбия. Продольные клетки древесины производятся камбиальными клетками. Ксилемные и флоэмические материнские клетки. Первая фаза, деление клеток, происходит, когда первоначальный камбиал делится, образуя две клетки. Самая внешняя клетка остается меристематической, а внутренняя клетка превращается в зрелую древесную клетку. Во время фазы расширения клетка растет в длину и в диаметре. Ячейки хвойных пород увеличиваются только в радиальном направлении. Во время фазы расширения очень тонкая и пластичная клеточная стенка (первичная стенка) покрывает протоплазму. На следующем этапе толщина стенки увеличивается за счет добавления вторичной стенки. Лигнификация включает образование лигнина между вновь образованными клетками и внутри их клеточных стенок.

Экологические факторы, сдерживающие вторичный рост деревьев в бореальных лесах, перемещающихся вдоль градиентов окружающей среды, включая различные уровни влажности почвы и ограничение температуры (Babst et al. 2013). Например, в периоды дефицита воды камбийское деление и уменьшение клеток уменьшаются (Olano et al. 2014), кроме того, деревья уменьшают транспирацию, чтобы избежать потери воды и гидравлического сбоя (Irvine et al. 1998), и в то же время способность фотоассимилировать атмосферные углерод затронут (Frank et al., 2015). С другой стороны, снижение температуры может привести к снижению темпов роста из-за сокращения продолжительности вегетационного периода (King et al. 2013), что повлияет на способность деревьев инвестировать запасы во вторичный рост (Granda et al., 2013).

Ксилема в хвойных деревьях образована клетками трахеид, которые могут содержать более 90% древесины (Vaganov et al., 2006), участвуя в гидравлических и структурных функциях (Tyree & Zimmermann, 2002; Cutler et al., 2007). Анатомические характеристики трахейды изменяются в течение

вегетационного периода в зависимости от условий окружающей среды, возникающих во время ее формирования. От широких и тонкостенных ячеек раннего дерева с высокой проводимостью до узких и толстостенных ячеек позднего дерева, в основном связанных с механической поддержкой (Cuny et al., 2014; Björklund et al., 2017). Граница между ранней и поздней древесиной соответствует переходной зоне, в которой радиальный размер ячейки и толщина стенки резко изменяются (Vaganov et al., 2006).

Развитие ксилемы и качество древесины в основном зависят от соотношения ранней древесины/поздней древесины, играющего ключевую роль в водно-углеродных взаимодействиях деревьев (Hacke et al. 2001; Domec and Gartner 2002). Поскольку ранняя древесина (EW) и поздняя древесина (LW) образуются на разных этапах во время ксилогенеза, что позволяет им шифровать различную информацию об окружающей среде с внутригодовым разрешением (Vaganov 1990; Fonti et al. 2010; Arzac et al. 2018a, 2018b).

Ранняя древесина образуется раньше в течение вегетационного периода (весной), когда температура, доступность воды и фотопериод благоприятны для активизации роста деревьев. В то время как поздний лес образуется в конце лета или в начале осени, к концу вегетационного периода, когда делятся и расширяются камбиальные клетки. Следовательно, анатомия и функция трахеиды тесно связаны с климатическими условиями во время ее формирования (Antonova and Stasova 1993, 1997; Zweifel et al. 2006; Olano et al. 2012; Arzac et al. 2018a; Babushkina et al. 2018; Popkova et al. 2018).

Из-за сроков формирования ранней древесины / поздней древесины оба сектора колец выполняют разные функции, связанные с его структурой. Таким образом, ранние деревянные ячейки имеют более широкий просвет и более тонкие стенки, увеличивая проводимость воды вдоль дерева, в то время как поздние деревянные ячейки имеют меньший просвет и более толстые стенки, обеспечивая функции, больше связанные с механической

поддержкой. Кроме того, соотношение между просветом ячейки и толщиной клеточной стенки вызывает изменения в плотности древесины, так как ранняя древесина представляет собой сектор кольца деревьев с более низкой плотностью древесины по сравнению с поздней древесиной. Имея более тонкие просветы в клетках древесины, поздняя древесина заметно менее чувствительна к водной нагрузке, вызванной ксилемной эмболией, и, следовательно, повышает безопасность проводимости воды.

Согласно дифференциальной структуре, функциям и срокам формирования ранней древесины и поздней древесины, анализ реакции климата этих двух секторов может дать более подробную информацию о том, как условия окружающей среды сдерживают вторичный рост деревьев в конкретной среде, предоставляя информацию в более подробной временной шкале. Учитывая ранее выявленные, в этой работе мы анализируем различия во вторичном росте деревьев и раннем формировании древесины и поздней древесины вечнозеленого хвойного дерева *Pinus sylvestris* L. вдоль градиента растущей континентальности 3000 км.

Задачи:

1. Оценка реакции вторичного роста *Pinus Sylvestris* вдоль градиента растущей континентальности.
2. Как климатологические факторы (температура и осадки) влияют на рост ширины кольца и формирование ранней древесины и поздней древесины.
3. Оценка тенденций пропорций ранней и поздней древесины за пятидесятилетний период.

Благодарности

Я хочу поблагодарить Альберто Арзака за руководство этим проектом, помощь в любое время, когда мне это нужно, обучение меня почти всему, что я знаю о полевых работах, лабораторных работах и исследованиях. И Марии Табаковой, и Алексею Рубцову, которые очень помогли мне в разработке проекта.

ВЫВОДЫ


1. Деревья *Pinus Sylvestris* показали различный вторичный рост вдоль градиента, будучи самым высоким в S4 (самым низким в S1).
2. Ширина кольца деревьев и ранняя древесина положительно отреагировали на весенне-летние осадки и отрицательно на летнюю температуру. В то время как поздняя древесина (скорректированная поздняя древесина) показала задержку в климатических сигналах. Различия в реакции *P. sylvestris* вдоль градиента предполагают высокую пластичность и адаптивную реакцию вида.
3. Наконец, S2 показал более высокую долю поздней древесины, что предполагает другое использование ресурсов на этом участке (потенциально более высокое усвоение углерода).

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт экологии и географии
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 И.Н. Безкоровайная

подпись

« 01 » 07 20 19 г.

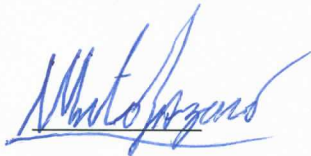
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Анализ факторов окружающей среды, вызывающих образование
ранней и поздней древесины у *Pinus sylvestris* вдоль климатического
градиента.

05.03.06. - Экология и Природопользование

05.03.06.02 – Природопользование

Руководитель, доцент



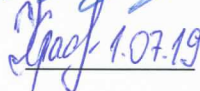
Арсак Пенья А.Х.

Выпускник, ЭБ15-02Б



Мартинес Санчес Э.В.

Нормоконтролер


1.07.19

П.А. Красноперова

Красноярск 2019